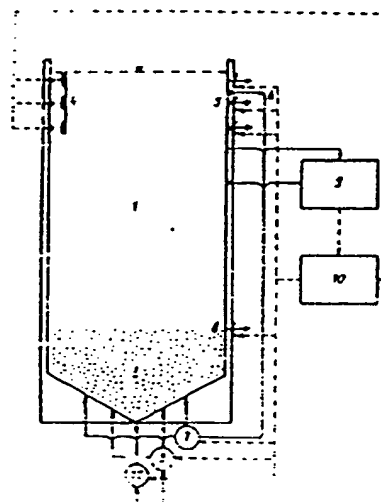


<p>87-250623/36      015      PROJ- 23.12.85  VEB PROJEKT WASSER      *DD -244-970-A  23.12.85-DD-285089 (22.04.87) C02f-11/12  Processing sludge from water or sewage treatment - by periodically fluidising granular layer at base of tube reactor and mixing it with sludge  C87-106097</p>	<p>D(4-A1K, 4-B10A)</p> <p>exceeding unity contg. the granular bed (2), has a surface measuring device (4) extending over the surface range of the sludge and comprising at least three measuring ranges. Opposite each of these ranges a discharge pipe (5) for the purified water is mounted on the reactor wall; immediately below these a draw-off line (6) for sludge recirculation leads to a pump (7) and one or more bottom inlets into the tank.</p>
<p>Method for the combined concentrating and stabilizing of sludge in vertical tube reactors, esp. in water treatment or sewage treatment (including anaerobic-aerobic sewage treatment) is as follows. A bed of granular material (2) at the bottom of the tube reactor, occupying 5-30% of the reactor volume, is periodically fluidized by introducing air and/or recirculated sludge and is then thoroughly mixed with the sludge.</p> <p>During this, at predetermined intervals, the anoxic state is converted into an aerobic state, working upwards from bottom to top; the degree of dispersion of the sludge is simultaneously improved by pumping or homogenization and the pore water or cell water thus released is continuously or intermittently discharged (5) above the conc. sludge.</p>	<p>Immediately above the granular bed (2) a sludge draw-off pipe (8) is located. Air supply pipes (3) and sludge supply pipes (11) are located pref. at the bottom of the reactor. An oxygen difference measuring device (9) is connected via a controller (10) with the sludge level measuring device (4), circulating pump (7), air feed (3), purified liquid discharge (5), sludge draw-off (8) and sludge feed (11).</p> <p><b>ADVANTAGE</b>  Improved speed of process, resulting in reduced capital and operating costs and energy consumption.</p> <p><b>EXAMPLE</b>  Activated sludge is fed in at an ascent rate of 1 m/h through a bed 0.8 m thick, reaching the top of the reactor after 8-10 hours. The feed is then automatically</p>
<p>In claimed appts. a vertical tube reactor of height:dia. ratio</p>	<p>DD-244970-A*</p>

## DERWENT PUBLICATIONS LTD.

shut off and 30 min. later the purified liquid is discharged (5). The process is then carried out generally as above.

The vol. of sludge finally extracted (8) is 8-35% of the volume of the sludge fed in. The organic components are reduced by 20-50% and the specific filter cake resistance to 30-40% of its initial value, leading to very good drying capability and reduction in the requirement of precipitating and flocculating agent. (5pp236DAHdWgNo1/1).



DD-244970-A

## DERWENT PUBLICATIONS LTD.



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 244 970 A1

4(51) C 02 F 11/12  
C 02 F 11/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 02 F / 285 089 3

(22) 23.12.85

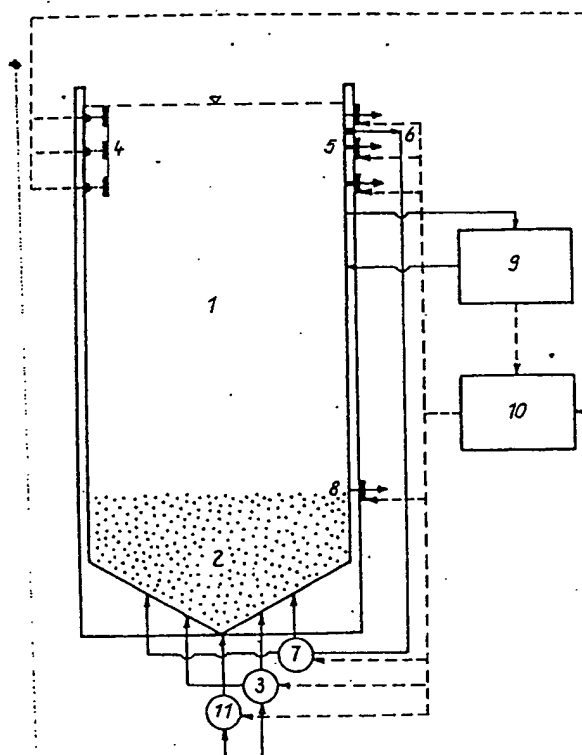
(44) 22.04.87

(71) VEB Projektierung Wasserwirtschaft, 4020 Halle (S.), Thälmannplatz 2, DD

(72) Peukert, Volkmar, Dr. rer. nat.; Ott, Peter, Dr.-Ing.; Hensel, Günter, Dr.-Ing., DD

(54) Verfahren und Vorrichtung zur kombinierten Eindickung und Stabilisierung von Schlamm

(57) Verfahren und Vorrichtung zur kombinierten Eindickung und Stabilisierung von Schlamm der Wasser- und Abwasserbehandlung. Aufgabe ist es, die Prozesse der Schlammeindickung und Schlammstabilisierung in Abhängigkeit von der anlagenspezifischen Schlammmzusammensetzung so zu gestalten, daß in einem vertikalen Rohrreaktor ein hoher Eindickeeffekt ohne Störung durch biologische Zersetzungsprozesse erzielt und gleichzeitig organische Substanz bis zur Erreichung einer technischen Stabilität abgebaut sowie das freigesetzte Wasser abgeführt wird. Erfindungsgemäß wird ein am Boden des Rohrreaktors angeordnetes körniges Material periodisch fluidisiert, dann mit dem Schlamm durchmischt, währenddessen in vorgegebenen Intervallen von unten nach oben aufsteigend der anoxische Milieuzustand während einer vorbestimmten Intervalldauer in einen aeroben Zustand gebracht, gleichzeitig der Dispersionsgrad verbessert und das freigesetzte Wasser abgeführt wird. Der erfindungsgemäße Rohrreaktor weist am Boden ein körniges Material, im Bereich des Schlammspiegelschwankungsbereiches eine Schlammspiegelmeßeinrichtung mit zugeordneten Klarphasenabläufen, eine Schlammabzugsleitung mit Umwälzpumpe, Schlammzuläufe und Lufteintragseinrichtungen auf. Mittels einer Sauerstoffdifferenzmeßeinrichtung erfolgt über eine Steuereinheit die Prozeßsteuerung. Figur



**Erfindungsanspruch:**

1. Verfahren zur kombinierten Eindickung und Stabilisierung von Schlamm in vertikalen Rohrreaktoren, **gekennzeichnet** dadurch, daß ein am Boden des Rohrreaktors angeordnetes, 5 bis 30 % des Reaktionsvolumens einnehmendes körniges Material, periodisch durch Zuführung von Luft und/oder umgewälztem Schlamm fluidisiert und dann mit dem Schlamm durchgemischt wird, währenddessen in vorgegebenen Intervallen von unten nach oben aufsteigend der anoxische Milieuzustand während einer vorbestimmten Intervalldauer in einen aeroben Zustand gebracht, gleichzeitig der Dispersionsgrad des Schlammes durch Pumpen oder Homogenisieren verbessert und das freigesetzte Zwischenporen- und Zellwasser kontinuierlich oder periodisch über den eingedickten Schlammfeststoffen abgeführt wird.
2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, **gekennzeichnet** dadurch, daß am Boden des vertikalen Rohrreaktors (1), mit einem Verhältnis von Höhe zu Durchmesser  $\geq 1$ , ein 5 bis 30 % seines Reaktionsvolumens einnehmendes körniges Material (2), über den Schlammspiegelschwankungsbereich verteilt eine Schlammspiegelmeßeinrichtung (4) mit mindestens drei Meßbereichen angeordnet und an der Reaktorwand jedem Meßbereich ein Klarphasenablauf (5) zugeordnet ist, sich unmittelbar unterhalb des Klarphasenablaufes (5) eine Abzugsleitung zur Schlammumwälzung (6) befindet, die über eine Umwälzpumpe (7) mit einem oder mehreren Schlammzulaufen, vorzugsweise am Boden des Reaktors, verbunden ist, unmittelbar oberhalb des körnigen Materials (2) ein Schlammablauf zur Entleerung (8) und vorzugsweise am Boden des Reaktors Lufteintragungseinrichtungen (3) und Schlammzulaufleitungen (11) angeordnet sind und eine Sauerstoffdifferenzmeßeinrichtung (9) über eine Steuereinrichtung (10) mit der Schlammspiegelmeßeinrichtung (4), der Umwälzpumpe (7), der Lufteintragungseinrichtung (3), dem Klarphasenablauf (5), dem Schlammablauf zur Entleerung (8) und der Schlammzulaufleitung (11) gekoppelt ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur kombinierten Eindickung und technischen Stabilisierung von Schlämmen der Wasser- und Abwasserbehandlung. Sie ist auch anwendbar bei der anaerob-aeroben Abwasserbehandlung.

**Charakteristik des Standes der Technik**

Vor der Entwässerung des Schlammes aus Wasserbehandlungsanlagen muß dieser eingedickt und stabilisiert werden. Diese Vorgänge werden gegenwärtig in getrennten Reaktoren durchgeführt. Hauptsächlich kommen für die Eindickung Schwefelkrafteindicker zur Anwendung. Daran schließt sich eine aerobe oder anaerobe Stabilisierung an. Dabei erfolgt die aerobe Stabilisierung (z. B. DE-OS 3240007) mit kontinuierlichem Lufteintrag unter Zugrundelegung der Gesetzmäßigkeiten der biologischen  $\beta$ -Oxydation. Durch die erforderliche Turbulenz und die langen Belüftungszeiten von 3 bis 7 Tagen ist ein hoher Energiebedarf zu verzeichnen. Die getrennte Verfahrensführung erfordert hohen Investitionsaufwand und hohe Betriebskosten.

Bei der Eindickung von Abwässerschlämmen mittels Schwefelkrafteindickern stellt sich mit zunehmender Verdichtung der Schlammflocken und Feststoffpartikel in den unteren Schlammschichten ein Gleichgewicht zwischen dem Kompressionsdruck der Schlammfeststoffe und dem Porenwasserdruck des Zwischenraumwassers ein. Danach ist keine weitere Eindickung mehr möglich, da der sich aufbauende Porenwasserdruck nicht ausreicht, den Strömungswiderstand der darüberliegenden Schlammschichten zu überwinden, wodurch das Zwischenraumwasser nicht mehr nach oben abfließen kann. Der Strömungswiderstand wird um so größer, je höher der Anteil an zellgebundenem Wasser bei biologischen Flockenschlämmen ist.

Behindert wird der Eindickprozeß vor allem auch durch biologische Zersetzungsprozesse, wie Denitrifikation und Faulung organischer Inhaltstoffe, bei denen Gase entstehen, die dem Kompressionsdruck durch ihre Aufwärtskraft entgegenwirken und durch Luftpolster zu einer Verdichtung von Schlammschichten führen, die die Freisetzung von Zwischenraumwasser erschweren.

Nachteilig bei den bekannten Eindickern ist, daß im Eindicker schnell Zersetzungsprozesse in den unteren Schichten auftreten, die weiterhin zu einer starken Reduzierung der Entwässerbarkeit nach der Stabilisierung führen. Deshalb muß unter Berücksichtigung der spezifischen Schlammigenschaften die Eindickzeit stark verkürzt werden, wodurch der erzielbare Eindickeffekt durch zu geringe Konsolidierungszeit begrenzt wird.

Aufwendig ist bei den bekannten Lösungen weiterhin die betriebliche Kontrolle des Eindickvorganges, da die mittlere Aufenthaltszeit der Schlammfeststoffe in der Konsolidierungsschicht ständig errechnet werden muß, um Anfaulung organischer Stoffe oder Denaturierungs- und Hydratationsprozesse, die zu einer Erhöhung des chemisch gebundenen Wassers führen, zu verhindern.

**Ziel der Erfindung**

Das Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens und einer Einrichtung zur kombinierten Eindickung und Stabilisierung von Abwässerschlamme, die eine Verringerung der Investitionsaufwendungen und der Betriebskosten durch Beschleunigung des Prozeßablaufs, automatisierten Betrieb und geringen Energieaufwand gestatten.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Prozesse der Schlammverdickung und Schlammstabilisierung in Abhängigkeit von der anlagenspezifischen Schlammzusammensetzung so zu gestalten, daß in einem vertikalen Rohrreaktor ein hoher Eindickeeffekt ohne Störung durch biologische Zersetzungsprozesse, bei denen Gase entstehen, die dem Kompressionsdruck durch ihre Auftriebskraft entgegenwirken, erzielt und gleichzeitig organische Substanzen bis zur Erreichung einer technischen Stabilisation abgebaut sowie das dabei freigesetzte Zwischenporen- und Zellwasser abgeführt wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß am Boden des Rohrreaktors ein vorzugsweise 5...30% seines Reaktionsvolumens einnehmendes körniges Material angeordnet wird, das periodisch durch Zuführung von Luft und/oder umgewälztem Schlamm fluidisiert und dann mit dem Schlamm intensiv durchgemischt wird.

Währenddessen wird in vorgegebenen Intervallen von unten nach oben aufsteigend der anoxische Milieuzustand während einer vorbestimmten Intervalldauer in einen aeroben Zustand gebracht. Durch Pumpen oder Homogenisieren wird gleichzeitig der Dispersionsgrad des Schlammes verbessert. Das freigesetzte Zwischenporen- und Zellwasser wird kontinuierlich oder periodisch über den eingedickten Schlammfeststoffen abgeführt.

Die Durchführung des Verfahrens erfolgt erfindungsgemäß in einem Rohrreaktor, der am Boden zu 5–30% seines Reaktionsvolumens mit einem körnigen Material gefüllt ist. Das Verhältnis seiner Höhe zum Durchmesser ist  $\geq 1$ , vorzugsweise 2 bis 6 zu wählen.

Über den Schlammspiegelschwankungsbereich des Reaktors verteilt ist eine Schlammspielmeßeinrichtung mit mindestens drei Meßbereichen angeordnet und jedem Meßbereich ist an der Reaktorwand ein Klarphasenablauf für das freigesetzte Wasser zugeordnet. Unmittelbar unterhalb des Klarphasenablaufes befindet sich eine Abzugsleitung zur Schlammumwälzung, die über eine Umwälzpumpe mit einem oder mehreren Schlammzulaufen, vorzugsweise am Boden des Reaktors verbunden ist. Unmittelbar oberhalb des körnigen Materials ist ein Schlammablauf zur Entleerung und vorzugsweise am Boden des Reaktors sind Lufteintragseinrichtungen und Schlammzulaufleitungen angeordnet. Über eine Steuereinrichtung ist eine Sauerstoffdifferenzmeßeinrichtung mit der Schlammspielmeßeinrichtung, dem Klarphasenablauf, dem Schlammablauf zur Entleerung und der Schlammzulaufleitung gekoppelt.

Das fluidisierte körnige Material dient gleichzeitig sowohl der Immobilisierung von Mikroorganismen und der durch diese gebildeten Biopolymere sowie zur adsorptiven Ablagerung von Sauerstoff als auch zur Bildung von Dränkanälen zur Abführung des freigesetzten Zwischenporen- und Zellwassers, die durch die unterschiedlichen spezifischen Gewichte dieses Materials und der Schlammfeststoffe und dadurch bedingte unterschiedlich große Absetzgeschwindigkeiten verursacht werden.

Die in Höhe des Bereiches des Beginns der behinderten Absetzung vorgesehene Abzugsleitung zur Schlammumwälzung, die mit der Pumpe über einen Homogenisator zu einem oder mehreren Zulaufen am Reaktorboden führt, bewirkt die Intervallfluidisierung des körnigen Materials, die periodische Anreicherung des Schlammes mit Sauerstoff sowie einen Geschwindigkeitssprung in Höhe der Abzugsleitung, wodurch die Feststoffanteile in der Klarphase stark reduziert werden. Der Schlammablauf zur Entleerung unmittelbar über dem körnigen Material dient zum Abzug des technisch stabilisierten und eingedickten Schlammes.

Die Steuerung der Dauer des Prozesses erfolgt durch Messung der Geschwindigkeit der Konzentrationsreduzierung des Sauerstoffs im Konsolidierungsbereich des Reaktors. Sie wird beendet, wenn diese ihr Minimum erreicht. Um zu Beginn des Prozesses eine hohe Sauerstoffkonzentration zu erreichen, ist in Abhängigkeit von den spezifischen Schlammeigenschaften die Anordnung von zusätzlichen Lufteintragseinrichtungen am Boden des Reaktors erforderlich, die gleichzeitig zur Einleitung des Fluidisierungsintervalls genutzt werden können.

Entsprechend den spezifischen Schlammeigenschaften und der Feststoffkonzentration wird der Reaktor über den am Boden angeordneten Zulauf so lange kontinuierlich oder intervallmäßig gefüllt, bis nur noch in einem vorbestimmten Bereich unter dem Reaktorwasserspiegel unbehindertes Absetzen der Feststoffe eintritt. Die freie Sedimentationszone wird mit mindestens 0,4 m, vorzugsweise 0,8 bis 1,2 m vom Schlammwasserspiegel festgelegt.

Im Bereich des behinderten Absetzens und der Konsolidierungszone treten durch die hohe Sauerstoffzehrung des Abwasserschlammes innerhalb weniger Minuten anoxische Milieubedingungen auf. Diese führen zu einem Absinken des pH-Wertes und zu einer Senkung des elektrokinetischen Potentials, wodurch Hydrolysevorgänge der organischen Substanzen eingeleitet werden. Laufen diese Vorgänge ungesteuert ab, sinkt der pH-Wert durch die zunehmende Wasserstoffionenkonzentration weiter und die Proteinanteile des Schlammes binden nach Überschreitung des isoelektrischen Punktes chemisch Wassermoleküle, wodurch sich die Entwässerungseigenschaften und das weitere Eindickverhalten verschlechtern würden. Deshalb wird der Hydrolyse- und Dekarboxylierungsprozeß intervallmäßig durch Zuführung von Sauerstoff über die am Boden angebrachte Lufteintragseinrichtung und/oder durch Umpumpen des Schlammes über einen Homogenisator mit Lufteinkeimung unterbrochen und im Reaktor für eine vorbestimmte Intervalldauer aerobe Milieubedingungen zum Abbau der während des Hydrolyseprozesses freigesetzten organischen Verbindungen hergestellt. Durch die Schlammumwälzung aus dem oberen Bereich des Reaktors über Pumpen oder Homogenisatoren in die Bodenzon mit zwangsweiser Expansion oder Fluidisierung der körnigen Bodenschicht wird entgegen bisheriger Erfahrungen bei Pumpvorgängen in Abwasserschlamm sowohl der Eindick- als auch der Absetzeffekt verbessert, weil ein höherer Anteil an Feinststoffen in Suspension gehalten und bei Durchströmen des körnigen Materials an die Belebtschlammflocken adsorptiv angelagert und biochemisch hydrolysiert und oxydiert wird. Dadurch erreichen die sich absetzenden Schlammfeststoffe eine dichtere Lagerung und der Absetzvorgang wird durch schwerere und kompaktere Flocken beschleunigt. Damit werden die für die Schlammverdickung bisher bestimmenden Einflußfaktoren, wie — Oberflächenbeschickung der Eindicker kleiner als die der Absetzbecken — sowie — Schlammstichttiefe abhängig von der Oberflächenbelagerung —, nicht mehr als begrenzende Faktoren wirksam. Durch die Intervallfluidisierung wird die Ausbildung von verdichteten Schichten und die dadurch bedingte Behinderung des Abzuges des Zwischenporenwassers sowie des durch Dehydratation freigesetzten Wassers behindert. In Abhängigkeit von den spezifischen Schlammeigenschaften ist bei Schlamm aus mechanische/biologischen Abwasserreinigungsanlagen nach 8 bis 24 Intervallen der Hydrolyse, Dekarboxylierung und Dehydratation sowie des oxydativen Stoffwechsels unter aeroben Bedingungen die organische Substanz soweit abgebaut, daß während der weiteren Bearbeitung keine Fäulung eintritt und ein optimaler Eindickeeffekt als Voraussetzung zur maschinellen Entwässerung erreicht wird.

Der Eindickprozeß wird von gegenwärtig 10...40 Stunden auf 4...12 Stunden verkürzt, wobei gleichzeitig die organischen Substanzen soweit oxydiert werden, daß eine gute Entwässerbarkeit und eine Verhinderung der Fäulung des Schlammes bis zur maschinellen Entwässerung und anschließender Kompostierung erreicht wird.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Beispiel näher erläutert. Die zugehörige Zeichnung zeigt den prinzipiellen Aufbau der erfindungsgemäßen Einrichtung.

Der Rohrreaktor 1 wird über die Schlammzulaufleitung 11 vom Boden her durch die 0,8 m starke Schicht des körnigen Materials 2 mit einer Aufstiegs geschwindigkeit von 1 m/h bei geöffnetem Klarphasenablauf 5 mit Belebtschlamm gefüllt. Nach 8 bis 10 Stunden erreicht der Schlamm Spiegel die Höhe der Abzugsleitung zur Schlammumwälzung 6. Durch die Schlamm Spiegelmeßeinrichtung 4 wird die Zulaufschlammpumpe abgeschaltet und nach 30 Minuten der Klarphase abgezogen.

Während der mehrstündigen Eindickphase wird ein Teil der biologisch abbaubaren organischen Stoffe hydrolysiert, d. h. es werden polymere organische Stoffe durch spezifische, von den Organismen ausgeschiedene Enzyme, in niedermolekularen, von den Mikroorganismen aufnehmbare, Verbindungen aufgespalten. Auf ein Teil der z. B. im Belebtschlamm enthaltenen überalterten, physiologisch geschädigten oder an das Milieu nicht angepaßten Mikroorganismen unterliegen diesem Hydrolyseprozeß. Dabei werden bei der Zerstörung der Zellen Enzyme freigesetzt, die die Hydrolyse der Schlamm Inhaltstoffe noch beschleunigen.

An die Eindick- und Hydrolysephase schließt sich eine anaerob-aerobe Stabilisierungsphase an. Zu Beginn dieser Phase werden zunächst durch die Steuereinrichtung 10 die Umwälzpumpe 7 und die Lufteintragseinrichtung 3 eingeschaltet. Die Umwälzpumpe fördert Medium aus dem oberen in den unteren Reaktorabschnitt und bringt dadurch den Schlamm mit dem am Boden des Reaktors angeordneten körnigen Material 2 in Kontakt.

Das körnige Material 2 wird fluidisiert und durch Luftzuführung über die Lufteintragseinrichtung 3 fünf bis zehn Minuten lang mit dem Schlamm durchmischt. Nach Abschalten der Luftzufuhr und der Umwälzpumpe 7 tritt erneut eine Hydrolysephase ein, die nach einem vorgegebenen Programm periodisch durch Luftzufuhr und Fluidisierung des körnigen Materials 2 unterbrochen wird.

Das körnige Material 2 immobilisiert einen Teil der während der Hydrolyse freigesetzten Enzyme. Der ständige Enzym-Substrat-Kontakt während der Umwälzung bewirkt einen beschleunigten Abbau der organischen Stoffe.

Jeweils nach einer Hydrolysephase wird durch die Steuereinrichtung 10 die Lufteintragseinrichtung 3 eingeschaltet. Durch den Eintrag von Luft-O<sub>2</sub> in das Reaktormedium werden die während der anaeroben Phase gebildeten niedermolekularen Stoffe vor allem im Energiestoffwechsel mineralisiert. Nach Erreichen eines vorgegebenen Sauerstoffverbrauchswertes wird durch die Steuereinrichtung 10 der Stabilisierungsprozeß beendet, indem die Umwälzpumpe 7 die Lufteintragseinrichtung 3 und die Sauerstoffdifferenzmeßeinrichtung 9 abschaltet. Während dieser Phase sinkt der Schlamm Spiegel erneut ab. Dadurch werden nach entsprechenden Impulsen der Schlamm Spiegelmeßeinrichtung 4 durch die Steuereinrichtung 10 die jeweiligen Klarphasenabläufe 5 geöffnet. Nach der Eindickphase wird durch die Steuereinrichtung 10 der Schlammablauf zur Entleerung 8 des Reaktors 1 geöffnet.

Das Volumen des ausgetragenen Schlammes betrug in Abhängigkeit von den spezifischen Schlamm Eigenschaften 8 bis 35% des Volumens des zugeführten Schlammes. Die organischen Anteile wurden um 20 bis 50% und der spezifische Filterkuchenwiderstand auf 30 bis 40% seines Ausgangswertes reduziert, wodurch eine sehr gute Entwässerbarkeit gewährleistet und eine Senkung des Fällungs- und Flockungsmittelbedarfs für die Entwässerungsverfahren erreicht wurden.

